



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
中国科学院指定考研参考书

第4版

# 微型计算机原理与接口技术

WEIXING JISUANJI YUANLI YU JIEKOU JISHU

周荷琴 吴秀清 编著



中国科学技术大学出版社

• 普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
中国科学院指定考研参考书

# 微型计算机原理与接口技术

• 第4版 •

周荷琴 吴秀清 编著

中国科学技术大学出版社

• 合 肥 •

## 内 容 简 介

本书介绍微型计算机各主要组成部分的工作原理及其在工程上的实现方法,内容上强调基本概念及分析问题和解决问题的方法,在说明一些常用的典型接口芯片的基础上,重点介绍利用这些概念和方法设计常见外设的接口,书中还讲述了基于 SOC 的微型机系统。通过本书的学习,读者能够独立设计一个小的微型计算机系统。

本书适合作为高等学校非计算机专业的教材,也可供其他技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

## 图书在版编目(CIP)数据

微型计算机原理及接口技术/李伯成编著. —2版. —北京:清华大学出版社,2008.9  
(大学计算机基础教育规划教材)

ISBN 978-7-302-18215-3

I. 微… II. 李… III. ①微型计算机—理论—高等学校—教材 ②微型计算机—接口设备—高等学校—教材 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 110883 号

责任编辑:张 民 张为民

责任校对:白 蕾

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:27.5

字 数:644 千字

版 次:2008 年 9 月第 2 版

印 次:2008 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~5000

定 价:37.00 元

---

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:027760-01

## 第4版前言

本书是为中国科学技术大学工科电子类本科生学习“微型计算机原理与系统”课程编写的教材。自1996年9月出版以来,被很多高校选为教材,受到了广大读者的欢迎,并提出了不少宝贵的意见和建议。为此,我们再次对原书进行了修订,并被列入“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”和“中国科学院指定考研参考书”。

自20世纪70年代初第一代微型计算机问世以来,计算机技术以惊人的速度发展,尤其是在以Intel 8086/8088为CPU的16位IBM PC机诞生以后,又相继出现了以80386、80486为CPU的32位PC机。如今,以Core(“酷睿”)系列为CPU的高性能微型计算机已大量面市。但作为一类在世界上最流行的机种的代表,16位机的结构、组成原理、指令系统,编程方法和接口技术等,在后续的PC机设计中基本上都得到了体现,并具有向上兼容性。本书仍以8086/8088 CPU为基本出发点,详尽地论述有关微处理器及其指令系统的概念和程序设计方法,介绍构成微型计算机的存储器、各类可编程接口芯片、总线等各项技术。最后,对32位微型计算机的基本工作原理做了概要介绍。

全书共分13章,在内容安排上注重系统性、先进性和实用性,各章前后呼应,并加入了大量的程序和硬件设计实例,着眼于使读者能深入了解计算机的原理、结构和特点,以及如何运用这些知识来设计一个实用的微型计算机系统。第1章叙述微型计算机的发展、构成和数的表示方法;第2章阐述8086微型计算机系统的组成原理和体系结构;第3章对8086的指令系统作了详尽说明;第4章讨论8086汇编语言程序设计方法,并给出了许多程序设计的例子;第5章介绍存储器的分类及使用;第6章简述I/O接口和系统总线;第7章论述中断系统并介绍中断控制器8259A;第8章到第12章详细介绍了I/O接口芯片的基本原理和它们的大量应用实例,包括定时器/计数器8253及8254、通用并行接口8255A、串行接口8251A、数/模和模/数转换器以及DMA控制器8237A等,并概述了IBM PC/XT机系统板的主要电路和工作原理;第13章概要性地介绍了32位微型计算机的基本工作原理,包括32位微处理器的结构和工作模式,寄存器组成,保护模式下的内存管理,32位机新增指令、编程实例及接口技术。

在本书的编写过程中,编者参考了国内外大量的文献资料,吸取各家之长,

并结合多年来从事微型计算机课程教学和计算机应用研究方面的实践经验,对全书内容做了精心组织编排,文字上力求做到深入浅出、重点突出、通俗易懂;并用大量图表和例子来帮助读者加深印象。每章所附的思考题与练习,将有助于读者巩固所学的知识。

本书第1,2,4,5,7章由吴秀清编写,第3,6,8,9,10,11,12,13章由周荷琴编写。中国科学技术大学信息科学技术学院冯焕清教授对大部分书稿进行了审校,胡访宇教授对书稿进行了版前审读;研究生潘剑峰、刘冰啸、刘勃、刘学亮、汪伟、刘莉、袁勋等在插图的绘制、例题的验证等方面做了许多工作,并对书中的内容提出了不少有益的建议;在此一并表示衷心的感谢!

此外,本书在编写过程中,查阅参考了大量国内外相关的书籍和文献,在此向所参考文献的国内外作者,特别是书末所列参考文献的作者表示深切的感谢!

众所周知,近年来计算机技术发展速度之快,超出人们的想象,限于作者水平,书中不当之处在所难免,敬请同行专家和读者批评指正。

编 者

2008年1月于合肥

## 第1版前言

本书是为中国科学技术大学工科电子类本科生学习“微型计算机原理及应用”课程编写的教材。

自70年代初第一代微型计算机问世以来,计算机技术以惊人的速度发展,尤其是在以 Intel 8088 为 CPU 的 IBM PC 机诞生后的 15 年里,PC 机经历了几个发展阶段,在广泛流行的以 8086/8088 为 CPU 的 PC/XT 机之后,又相继出现了以 80286 为 CPU 的 PC/AT 机和以 80386、80486 为 CPU 的高档 PC 机。如今,以 Pentium 芯片为 CPU 的高性能微型计算机已大量面市。显然,作为一代微型计算机,PC/XT 机的结构、组成原理以及它所使用的 MS-DOS 操作系统等,在后续的高档 PC 机设计中基本上都得到了体现。因此,它可以用作我们学习微型计算机原理的范例,来阐明微处理器、汇编语言程序设计、计算机结构和操作系统等基本概念。有了这些基础,读者才能进一步拓宽自己的知识,去掌握更加丰富多彩的计算机技术。正是基于这种想法,并考虑到目前绝大多数教学单位在开设这门课程时受到的教学条件的限制,本书仍以 8086/8088 CPU 为基本出发点,以 PC/XT 微型机为实例,详尽地论述有关微处理器及其指令系统的概念和程序设计方法,介绍构成微型计算机的存储器、接口部件、总线等各项技术,讨论 PC 机的 MS-DOS 操作系统,并对构成高档 PC 机的 32 位微处理器 80386 和 80486 作些简单介绍,以帮助读者自然地 toward 高档 PC 机的领域过渡。

全书共分 15 章,在内容安排上注重系统性、先进性和实用性,各章前后呼应,并加入了大量的程序和硬件设计例子,着眼于使读者能深入了解计算机的原理、结构和特点,以及如何运用这些知识来设计一个实用的微型计算机系统。第一章叙述微型计算机的发展和应用,第二章阐述 8086 微型计算机系统的组成原理和体系结构,第三章对 8086 的指令系统作了详尽说明,第四和第五章讨论 8086 宏汇编语言程序设计方法,并给出了许多程序设计的例子,第六章介绍存储器的分类及使用,第七章讲述 I/O 接口和系统总线,第八章论述中断系统和介绍中断控制器 8259A,第九章到第十三章详细介绍了 I/O 接口芯片的基本原理和它们的大量应用实例,包括定时器/计数器 8253、通用并行接口 8255A、串行接口 8251A、数/模和模/数转换器以及 DMA 控制器 8237A 等,第十四章介绍 MS-DOS 微机操作系统,第十五章概述了 IBM PC/XT 机的系统结构和工作原理,并简单介绍了 80386 和 80486 CPU 的结构和工作原理。

在编写本书的过程中,编者参考了国内外大量的文献资料,吸取各家之长并结合进多年来从事微型计算机课程教学和计算机应用研究方面的实际经验,对全书内容作了精心组织编排,文字上力求做到深入浅出、重点突出、通俗易懂,并用大量图表和例子来帮助读者加深印象。每章所附的思考题与练习,将有助于读者巩固所学的知识。通过本课程的学习,要求学生掌握 Intel 8086/8088 微型计算机系统的组成原理,熟练运用 8086 宏汇编语言进行程序设计,熟悉各种 I/O 接口芯片的配套使用技术,并通过必要的课程实验与实践,进一步提高系统设计能力,使学生能够完成实用的微型计算机系统的软硬件设计。

本书第一、二、四、五、六、八、十四章及第十五章第二节由吴秀清编写,第三、七、九、十、十一、十二、十三章及第十五章第一节由周荷琴编写。中国科技大学电子科学技术系的冯焕清教授审阅和修改了大部分书稿,计算机科学技术系的赵振西教授审阅了第一章。蒋智和李洪梅同志为本书的及时付排做了许多工作。作者的研究生刘兵、王恒良、王晶杰、刘海勤、陈晓辉、郭永刚等同学帮助绘制了书中的大部分插图,录入了部分书稿。此外,本书的编写还得到了中国科技大学电子工程和信息科学系及自动化系领导的热情支持。在此表示衷心的感谢。编者还要感谢书末所列参考文献的所有国内外作者。

由于作者水平有限,错误和不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

1996年3月于合肥

## 目 录

第 4 版前言 .....	( i )
第 1 版前言 .....	( iii )
第 1 章 绪论 .....	( 1 )
1.1 微型计算机的发展概况 .....	( 1 )
1.2 微型计算机系统 .....	( 5 )
1.2.1 微型计算机 .....	( 6 )
1.2.2 I/O 接口 .....	( 9 )
1.2.3 总线 .....	( 10 )
1.3 计算机数据格式 .....	( 14 )
1.3.1 数制 .....	( 14 )
1.3.2 计算机数据格式 .....	( 17 )
习题 .....	( 20 )
第 2 章 8086 系统结构 .....	( 22 )
2.1 8086 CPU 结构 .....	( 22 )
2.1.1 8086 CPU 的内部结构 .....	( 22 )
2.1.2 寄存器结构 .....	( 25 )
2.2 8086 CPU 的引脚及其功能 .....	( 29 )
2.2.1 8086/8088 CPU 在最小模式中引脚定义 .....	( 29 )
2.2.2 8086/8088 CPU 在最大模式中引脚定义 .....	( 33 )
2.2.3 8088 与 8086 CPU 的不同之处 .....	( 34 )
2.3 8086 存储器组织 .....	( 36 )
2.3.1 存储器地址的分段 .....	( 36 )
2.3.2 8086 存储器的分体结构 .....	( 38 )
2.3.3 堆栈的概念 .....	( 40 )
2.4 8086 系统配置 .....	( 42 )
2.4.1 最小模式系统 .....	( 42 )
2.4.2 最大模式系统 .....	( 47 )
2.4.3 8086 CPU 时序 .....	( 49 )
习题 .....	( 55 )



<b>第 3 章 8086 的寻址方式和指令系统</b> .....	( 57 )
3.1 8086 的寻址方式 .....	( 57 )
3.1.1 立即寻址方式 .....	( 57 )
3.1.2 寄存器寻址方式 .....	( 58 )
3.1.3 直接寻址方式 .....	( 58 )
3.1.4 寄存器间接寻址方式 .....	( 60 )
3.1.5 寄存器相对寻址方式 .....	( 61 )
3.1.6 基址变址寻址方式 .....	( 62 )
3.1.7 相对基址变址寻址方式 .....	( 63 )
3.1.8 其它 .....	( 65 )
3.2 指令的机器码表示方法 .....	( 66 )
3.2.1 机器语言指令的编码目的和特点 .....	( 66 )
3.2.2 机器语言指令代码的编制 .....	( 67 )
3.3 8086 的指令系统 .....	( 70 )
3.3.1 数据传送指令 .....	( 71 )
3.3.2 算术运算指令 .....	( 79 )
3.3.3 逻辑运算和移位指令 .....	( 92 )
3.3.4 字符串处理指令 .....	( 97 )
3.3.5 控制转移指令 .....	( 102 )
3.3.6 处理器控制指令 .....	( 119 )
习题 .....	( 120 )
<b>第 4 章 汇编语言程序设计</b> .....	( 124 )
4.1 汇编语言程序格式 .....	( 126 )
4.1.1 指令性语句和伪指令语句 .....	( 126 )
4.1.2 数据项 .....	( 127 )
4.1.3 MASM 中的表达式 .....	( 127 )
4.2 伪指令语句 .....	( 134 )
4.2.1 数据定义语句 .....	( 135 )
4.2.2 表达式赋值语句 .....	( 137 )
4.2.3 段定义语句 .....	( 138 )
4.2.4 过程定义语句 .....	( 141 )
4.2.5 程序开始和结束语句 .....	( 143 )
4.2.6 结构定义语句 .....	( 144 )
4.2.7 外部伪指令及对准伪指令 .....	( 148 )
4.2.8 80286 以上的微机增加的伪指令 .....	( 151 )
4.3 DOS 系统功能调用和 BIOS 中断调用 .....	( 153 )
4.3.1 常用的软件中断 .....	( 154 )
4.3.2 DOS 系统功能调用 .....	( 155 )

4.3.3 BIOS 中断调用 .....	(160)
4.4 程序设计方法 .....	(164)
4.4.1 顺序结构 .....	(164)
4.4.2 分支结构 .....	(165)
4.4.3 循环程序结构 .....	(169)
4.4.4 子程序结构 .....	(174)
4.4.5 综合举例 .....	(182)
4.5 宏汇编和条件汇编 .....	(191)
4.5.1 宏汇编 .....	(191)
4.5.2 条件汇编 .....	(196)
习题 .....	(198)
<b>第 5 章 存储器 .....</b>	<b>(201)</b>
5.1 存储器概述 .....	(201)
5.1.1 存储器分类 .....	(201)
5.1.2 存储器组织 .....	(204)
5.1.3 存储器性能指标 .....	(204)
5.2 随机存取存储器 RAM .....	(205)
5.2.1 静态随机存取存储器(SRAM) .....	(205)
5.2.2 动态随机存取存储器(DRAM) .....	(207)
5.2.3 存储器的工作时序 .....	(212)
5.2.4 高速缓冲存储器 .....	(214)
5.3 只读存储器 .....	(220)
5.3.1 掩膜型 ROM 和可编程 ROM .....	(220)
5.3.2 可编程可擦除 ROM(EPROM) .....	(221)
5.3.3 电可擦除可编程 ROM(EEPROM) .....	(224)
5.3.4 闪存(Flash Memory) .....	(225)
5.4 CPU 与存储器的连接 .....	(226)
5.4.1 存储器的地址选择 .....	(226)
5.4.2 存储器的数据线及控制线的连接 .....	(229)
习题 .....	(231)
<b>第 6 章 I/O 接口和总线 .....</b>	<b>(233)</b>
6.1 I/O 接口 .....	(233)
6.1.1 I/O 接口的功能 .....	(233)
6.1.2 简单的输入输出接口芯片 .....	(235)
6.1.3 I/O 端口及其寻址方式 .....	(237)
6.1.4 CPU 与外设间的数据传送方式 .....	(239)
6.1.5 PC 机的 I/O 地址分配 .....	(245)

6.2 总线 .....	(248)
6.2.1 总线的概念 .....	(248)
6.2.2 IBM PC 总线 .....	(249)
6.2.3 ISA 总线 .....	(252)
6.2.4 PCI 总线 .....	(254)
习题 .....	(259)
<b>第7章 微型计算机中断系统</b> .....	(260)
7.1 概述 .....	(260)
7.1.1 中断概念 .....	(260)
7.1.2 中断分类 .....	(261)
7.2 可屏蔽中断处理过程 .....	(263)
7.2.1 CPU 响应中断过程 .....	(263)
7.2.2 中断向量表 .....	(264)
7.2.3 中断服务子程序 .....	(271)
7.2.4 中断响应时序 .....	(273)
7.3 中断优先级和中断嵌套 .....	(274)
7.3.1 中断优先级 .....	(275)
7.3.2 中断嵌套 .....	(277)
7.4 可编程中断控制器 8259A .....	(278)
7.4.1 功能和引脚 .....	(278)
7.4.2 内部结构 .....	(279)
7.4.3 8259A 的中断管理方式 .....	(281)
7.4.4 8259A 的编程方法 .....	(286)
7.4.5 8259A 的中断级联 .....	(294)
7.5 保护模式下的中断 .....	(298)
7.5.1 中断源 .....	(299)
7.5.2 保护模式下的中断处理 .....	(300)
习题 .....	(302)
<b>第8章 可编程计数器/定时器 8253/8254 及其应用</b> .....	(304)
8.1 8253 的工作原理 .....	(305)
8.1.1 8253 的内部结构和引脚信号 .....	(305)
8.1.2 初始化编程步骤和门控信号的功能 .....	(309)
8.1.3 8253 的工作方式 .....	(310)
8.2 8253/8254 的应用举例 .....	(315)
8.2.1 8253 定时功能的应用举例 .....	(315)
8.2.2 8253/8254 计数功能的应用举例 .....	(318)
8.2.3 8253 在 PC/XT 机中的应用 .....	(321)

习题 .....	(324)
<b>第 9 章 可编程外围接口芯片 8255A 及其应用</b> .....	(325)
9.1 8255A 的工作原理 .....	(325)
9.1.1 8255A 的结构和功能 .....	(325)
9.1.2 8255A 的控制字 .....	(327)
9.1.3 8255A 的工作方式和 C 口状态字 .....	(329)
9.2 8255A 的应用举例 .....	(338)
9.2.1 基本输入输出应用举例 .....	(338)
9.2.2 键盘接口 .....	(339)
9.2.3 8255A 在 PC/XT 机中的应用 .....	(343)
9.2.4 PC/XT 机中的扬声器接口电路 .....	(346)
9.2.5 并行打印机接口 .....	(348)
习题 .....	(354)
<b>第 10 章 串行通信和可编程接口芯片 8251A</b> .....	(356)
10.1 串行通信的基本概念 .....	(356)
10.1.1 数据传送的方向 .....	(356)
10.1.2 串行传送的两种基本工作方式 .....	(357)
10.1.3 串行传送速率 .....	(358)
10.1.4 串行接口芯片 UART 和 USART .....	(359)
10.1.5 调制解调器 .....	(360)
10.2 可编程串行通信接口芯片 8251A .....	(361)
10.2.1 8251A 的内部结构和外部引脚 .....	(361)
10.2.2 8251A 的编程 .....	(368)
10.2.3 8251A 初始化编程举例 .....	(372)
10.3 EIA RS-232C 串行口和 8251A 应用举例 .....	(374)
10.3.1 EIA RS-232C 串行口 .....	(374)
10.3.2 8251A 应用举例 .....	(376)
习题 .....	(378)
<b>第 11 章 模数(A/D)和数模(D/A)转换</b> .....	(380)
11.1 概述 .....	(380)
11.1.1 一个实时控制系统 .....	(380)
11.1.2 采样、量化和编码 .....	(381)
11.1.3 采样保持器 .....	(384)
11.2 D/A 转换器 .....	(385)
11.2.1 数/模转换器原理 .....	(385)
11.2.2 数/模转换器的主要性能指标 .....	(387)
11.2.3 几种数/模转换器 .....	(388)

11.3	A/D 转换	(395)
11.3.1	模/数转换器原理	(395)
11.3.2	典型的模/数转换器	(398)
	习题	(408)
<b>第 12 章</b>	<b>8237A DMA 控制器及 PC/XT 机的系统板</b>	(410)
12.1	8237A 的组成和工作原理	(411)
12.1.1	8237A 的内部结构	(411)
12.1.2	8237A 的引脚功能	(412)
12.1.3	8237A 的内部寄存器	(414)
12.2	8237A 的时序	(422)
12.2.1	外设和内存间的 DMA 数据传送时序	(422)
12.2.2	空闲周期、有效周期和扩展写周期	(423)
12.3	8237A 的编程和应用举例	(425)
12.3.1	PC/XT 机中的 DMA 控制逻辑	(425)
12.3.2	8237A 的一般编程方法	(427)
12.3.3	PC/XT 机上的 DMA 控制器的使用	(428)
12.4	PC/XT 机的系统板	(430)
12.4.1	CPU 子系统	(430)
12.4.2	接口部件子系统	(432)
12.4.3	存储器子系统	(433)
	习题	(435)
<b>第 13 章</b>	<b>32 位微机基本工作原理概述</b>	(436)
13.1	32 位微处理器的结构与工作模式	(437)
13.1.1	32 位微处理器结构简介	(437)
13.1.2	32 位微处理器的工作模式	(441)
13.2	寄存器	(444)
13.2.1	用户级寄存器	(444)
13.2.2	系统级寄存器	(447)
13.2.3	程序调试寄存器	(454)
13.3	保护模式下的内存管理	(454)
13.3.1	段内存管理技术	(455)
13.3.2	分页内存管理技术	(465)
13.4	32 位机新增指令和程序设计简介	(469)
13.4.1	80386 的寻址方式	(470)
13.4.2	80386 的指令系统	(471)
13.4.3	程序设计实例	(478)
13.5	32 位机接口技术	(484)

## 目 录

---

13.5.1 主板的组成 .....	(485)
13.5.2 Pentium II 主板 .....	(486)
13.5.3 集成型主板 .....	(489)
附录 A 8086/8088 指令系统一览表 .....	(494)
附录 B 通用汇编程序伪指令 .....	(498)
附录 C ASCII 码编码表 .....	(500)
附录 D 中断向量地址表 .....	(501)
附录 E 汇编程序的开发过程 .....	(502)
附录 F DOS 功能调用 .....	(508)
参考文献 .....	(513)

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 微型计算机的发展概况

自从 1946 年第一代电子计算机 ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Calculator)在美国研制成功以后,计算机的发展已经历了从电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机、大规模集成电路计算机几代了。1974 年,在美国第一台微型计算机 Altair 诞生了,从而开创了微型计算机的新时代。

微型计算机与大型机、中型机、小型机在系统结构和工作原理上相比没有本质上的区别,但是由于它采用了大规模集成电路(LSI)器件,集成度高,从而使它具有独特的优点——体积小,重量轻,可靠性高,结构配置灵活,价格低廉,因而发展迅猛。1965 年,摩尔(G. Moore)在一篇文章中提出,集成电路内芯片的晶体管数目,每隔 18 个月~24 个月,其集成度翻一番,称为摩尔定律。微机发展的历史验证了摩尔的科学预言,微处理器自 1971 年问世以来,几乎每隔几年就推出一代新的微处理器。

### 1. 第一代微处理器(1971 年开始)

4 位和 8 位微处理器,典型产品为:

1971 年 Intel 4004                      1972 年 Intel 8008

Intel 4004 芯片采用 PMOS 工艺,集成度为 2300 只晶体管,时钟频率小于 1MHz,平均指令执行时间为  $10\mu\text{s}\sim 15\mu\text{s}$ ,采用机器语言编程。这种微处理器为内嵌式处理器,又称灵巧型处理器(Smart),主要用在控制设备中,如现金计数器,交通灯控制等。

### 2. 第二代微处理器(1974 年开始)

8 位微处理器,典型产品为:

1974 年 Intel 8080                      1974 年 Motorola MC6800  
1975 年 Zilog Z80;                      1976 年 Intel 8085

8080 微处理器采用 NMOS 工艺,集成度达 4500 只晶体管,时钟频率 2MHz,平均指令执行时间  $1\mu\text{s}\sim 2\mu\text{s}$ ,寻址 64KB 内存空间。用它构成的微型计算机在结构上已具有计算机的体系结构,有中断和 DMA 等功能,指令系统较为完善,软件上也配备了汇编语言、BASIC 和 FORTRAN 语言,使用单用户操作系统。

### 3. 第三代微处理器(1978 年开始)

16 位微处理器,典型产品为:

1978 年 Intel 8086                      1979 年 Zilog Z8000

1979年 Motorola 68000

1982年 Intel 80286, Motorola 68010

8086微处理器采用HMOS工艺,集成度达29000万只晶体管,时钟频率有5MHz, 8MHz, 10MHz, 平均指令执行时间 $0.5\mu\text{s}$ 。具有丰富的指令系统,采用多级中断,多重寻址方式,有段寄存器结构,配有磁盘操作系统,数据库管理系统和多种高级语言,性能超过了20世纪70年代的中低档小型机水平。值得一提的是,8086被用作IBM PC的CPU,时钟频率为5MHz,数据总线16位,地址总线20位,可寻址1MB内存空间,投放市场后迅速占领了市场,促进了个人计算机的应用与推广。

由于8086缺乏存储器管理,1982年,Intel公司启用80286 CPU,研制了IBM PC/AT机。80286与8086向上兼容,有24位地址总线,寻址能力达16MB,时钟频率可达25MHz。80286在以下方面有显著的改进:80286提出了实模式和保护模式两种存储器管理模式,使之突破了8086访问1MB存储空间的限制;引进了段描述符表的概念,可访问1GB的虚拟地址空间;IBM PC/AT的运算速度比IBM PC/XT快12倍;支持虚拟存储器体系,满足了多用户和多任务的工作需要。80286的封装是一种被称为PGA正方形包装,集成了13.4万只晶体管。

#### 4. 第四代微处理器(1983年开始)

32位微处理器,典型产品为:

1983年 Zilog Z80000

1984年 Motorola 68020

1985年 Intel 80386

1989年 Intel 80486, Motorola 68040

##### 1) 80386

80386 CPU采用CHMOS工艺,集成度高达27.5万只晶体管,时钟频率16MHz~33MHz,平均指令执行时间小于 $0.1\mu\text{s}$ 。数据总线和地址总线均为32位,寻址能力高达4GB,采用段页式存储器管理机制,提供带有存储器保护的虚拟存储,可管理64TB的虚拟存储空间。它的运算模式除了具有实模式和保护模式外,还增加了一种“虚拟86”的工作方式,可以通过同时模拟多个8086微处理器来提供多任务能力,运算速度超过600万条指令/秒。采用6级流水线,即取指令,译码,内存管理,执行指令和总线访问并行操作,有快速局部总线。80386推出了数值协处理器80387,加快了浮点操作速度,开发高速缓存解决内存速度瓶颈。80386有丰富的外围配件支持,如DMA控制器82258,中断控制器8259A,磁盘控制器8272,Cache控制器82385,硬盘控制器82062等,80386使32位CPU成为PC工业的标准。

##### 2) 80486

1989年,Intel公司推出了高性能32位微处理器Intel 80486,集成度达120万只晶体管,主频有25MHz, 33MHz, 50MHz(DX4达到66MHz, 75MHz和100MHz)。80486不仅将浮点运算部件集成进芯片之内,又增加了8KB的片内高速缓存(Cache),内部数据总线宽度为64位。80486的整数处理部件采用了RISC技术(Reduced Instruction Set Computer, 精简指令集计算机),可以在一个时钟周期内执行一条指令,使80486的处理速度极大提高。芯片内部其它方面保留CISC(Complex Instruction Set Computer, 复杂指令集系统),用以处理复杂的指令,以保证兼容性。它还采用了突发总线方式,大大提高了与内存的数据交换速度。80486引进了时钟倍频技术,使主频超过100MHz成为可能。由于这些改进,80486



的性能比 80386DX 性能提高了 4 倍。

### 5. 第五代微处理器(1993 年开始)

典型产品为:

1993 年 Pentium	1995 年 Pentium Pro
1997 年 Pentium II	1999 年 Pentium III
2000 年 Pentium 4	2006 年 Core

随着人们对图形图像,实时视频处理,语音识别,CAD/CAM,大规模财务分析,大流量客户机/服务器应用等的需求日益迫切,第五代微处理器应运而生。

#### 1) Pentium

1993 年 3 月,Intel 公司推出了当时最新微处理器 Pentium,主频为 60MHz(Pentium 系列主频有 66MHz、75MHz、90MHz、100MHz、120MHz、133MHz、150MHz、166MHz 和 200MHz),Pentium 应用亚微米的 CMOS 制造工艺,集成度高达 310 万只晶体管。Pentium 采用了全新的体系结构和超标量流水线设计。CPU 中有两条流水线并行工作,每个时钟周期执行两条整数指令;Pentium 片内有两片 8KB Cache,分别作指令 Cache 和数据 Cache,节省了 CPU 的存取时间;重新设计了浮点运算单元,采用 8 级流水线和部分固化指令,提高了浮点运算速度;采用动态转移预测的全新概念,预测分支程序的指令流向,节省了 CPU 判别分支的时间。

#### 2) Pentium Pro

Intel 公司于 1995 年推出 Pentium Pro,时钟频率有 150MHz、166MHz、180MHz、200MHz。Pentium Pro 内部集成了 550 万只晶体管,除了有内部 16KB 的一级高速缓冲存储器(L1)外,它使二级高速缓存 L2(256KB 或 512KB)同 CPU 紧密耦合在一个封装内,两级缓存器芯片之间用高频宽的内部通信总线互连。它在微结构设计、CISC/RISC 的混合使用、动态执行、测试等方面都有新的特点。Pentium Pro 其内部数据总线与地址总线均为 64 位,采用 3 路超标量体系结构,14 级超级流水线,非顺序执行指令,进行分支指令预测和数据流分析,然后以优化顺序预测执行,从而减小处理器的停滞时间。

1996 年底,Intel 公司发布了多能奔腾(Pentium MMX)。该芯片集成了 450 万只晶体管,支持工作频率有 150MHz、166MHz、200MHz、233MHz、266MHz 和 300MHz,增加了 16KB 数据缓存和 16KB 指令缓存,4 路写缓存以及分支预测单元和返回堆栈技术,新增加 57 条 MMX 多媒体指令,专门用来处理音频、视频数据,使 CPU 拥有更强大的数据处理能力。多能奔腾采用了双电压设计,其内核电压为 2.8V,系统 I/O 电压为 3.3V。

#### 3) Pentium II

1997 年 5 月,Intel 发布了基于新体系结构的微处理器 Pentium II (P II),带来了 CPU 的一次新的飞跃,主频分为 233MHz、266MHz、300MHz、333MHz、350MHz、400MHz 和 450MHz,其内部集成了 750 万只晶体管,采用深 0.35 $\mu\text{m}$  加工工艺,核心工作电压为 2.8V。P II 的主要特性是:双重独立总线结构(二级高速缓存总线及处理器到主内存的系统总线分别独立);内置 MMX 技术(MultiMedia Extentions 多媒体扩展);P II 的高速缓存 L1 从 16KB 增加到 32KB,外部高速缓存 L2 的容量为 512KB,并以 CPU 主频的一半速度运行;动态执行使之在给定的时间内能处理更多的数据,提高了 CPU 的工作效率;P II 采用单边接触